

# **АНАЛИЗ РАБОТЫ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ С ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ**

**Е. В. Петреченко**

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель М. Н. Новиков

Процесс получения, преобразования и передачи энергии весьма сложен и трудоемок. От его организации на каждом отдельном этапе напрямую зависят затраты конечного потребителя. Транспортировка до места использования больше всего влияет на удорожание энергии. Поэтому для предприятий стоимость тепла и электроэнергии от собственных источников оказывается значительно более низкой, чем при покупке у традиционных поставщиков. Наибольший экономический эффект достигается при совместной выработке на месте потребления электричества и тепла. Данный процесс получил название когенерации. В этом случае есть возможность использовать бросовую

энергию – тепло выхлопных газов и систем охлаждения агрегатов, приводящих в движение электрические генераторы, или излишнее давление в трубопроводах.

Использование ГТУ для когенерации электроэнергии в котельных наиболее предпочтительно для строящихся и расширяющихся водогрейных котельных.

Одним из наиболее рациональных способов повышения энергетической эффективности теплоэнергетических установок (ТЭУ) является использование теплонасосных установок (ТНУ). Применение теплонасосных установок, позволяющих трансформировать энергию низкотемпературного источника тепла до более высоких температур, пригодных для целей теплоснабжения является одним из наиболее эффективных способов экономии органического топлива в системах теплоснабжения.

Наиболее перспективными для эффективного использования ТНУ являются отопительная нагрузка и нагрузка горячего водоснабжения. Однако существующие тепловые насосы не могут поднять ее до требуемых потребителю параметров (как правило, 95 °С) и обеспечивают 50–60 °С. Поэтому часть тепла необходимо производить с помощью более дешевого, хотя энергетически и менее эффективного теплоисточника. В качестве такого пикового источника тепла можно использовать выхлопные газы газовой турбины. Таким образом, весьма перспективной представляется комбинированная теплопроизводящая установка, состоящая из газовой турбины и теплового насоса.

Отличительной особенностью рассматриваемой установки является то, что в неотапительном периоде работа ТНУ не требуется. Нагрев воды для ГВС может быть осуществлен за счет уходящих газов газовой турбины. Если турбина не работает (проведение ремонтных работ, аварийная ситуация и т. п.), то нагрев воды до требуемых параметров осуществляется с помощью ТНУ.

Основная задача по исследованию комбинированной теплопроизводящей установки сводится к поиску такого набора параметров установки, определяющих конструктивные решения, и параметров, определяющих работу установки в характерных режимах, при которых обеспечивается требуемый отпуск тепла и электроэнергии потребителям и достигается максимальная экономическая эффективность ТЭУ.

Изменение температуры наружного воздуха оказывает наибольшее влияние на основные характеристики ГТУ. В качестве основного принят расчетный режим при  $t_{нв} = 15$  °С. В ходе исследований был произведен расчет ГТУ с регенерацией и теплофикационным подогревателем эксергетическим методом для шести различных температур наружного воздуха в соответствии с температурным графиком для города Гомеля. В ходе расчетов был определен эксергетический КПД установки и построена графическая зависимость от температуры наружного воздуха.

Таблица 1

Исходные данные для расчета комбинированной схемы

Температура наружного воздуха, °С	15	13,3	1,3	–1	–3,5	–24
Температура газов перед турбиной, °С	1000					
Изоэнтروпный КПД компрессора	86,8	86,8	86	85	85,9	83,7
Давление воздуха за компрессором, МПа	1,163	1,163	1,189	1,21	1,249	1,335
КПД камеры сгорания	0,99					

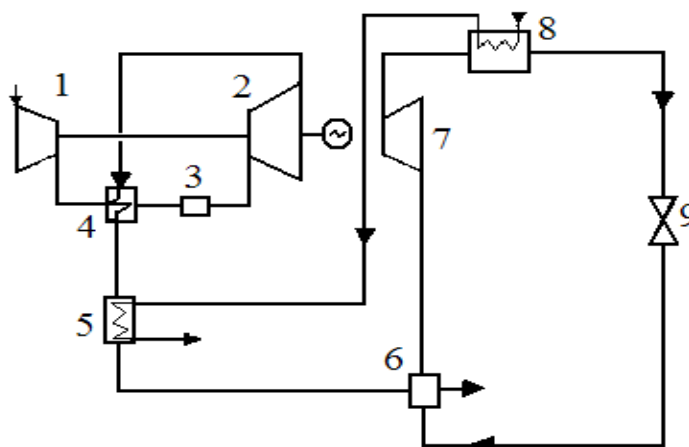


Рис. 1. Технологическая схема установки:

1 – компрессор газовой турбины; 2 – газовая турбина; 3 – камера сгорания;  
4 – регенератор; 5 – подогреватель; 6 – испаритель ТНУ; 7 – компрессор ТНУ;  
8 – конденсатор ТНУ; 9 – дроссель

В рамках исследований производится расчет эксергии в характерных точках цикла, при этом учитывается, что начальные параметры воздуха совпадают с параметрами окружающей среды. Далее рассматривается, как эта эксергия используется в отдельных элементах установки. Завершив расчет всех потерь эксергии, вычисляем эксергетический КПД установки:

$$\eta_{\text{эгТУиТНУ}} = 1 - \frac{\Delta e}{e_{\text{топл}} + e_q}, \quad (1)$$

где  $\Delta e$  – потери эксергии во всех элементах установки, кДж/кг;  $e_{\text{топл}}$  – эксергия топлива, кДж/кг;  $e_q$  – эксергия теплоты, кДж/кг.

Зависимость КПД от температуры наружного воздуха представлена на рис. 2.

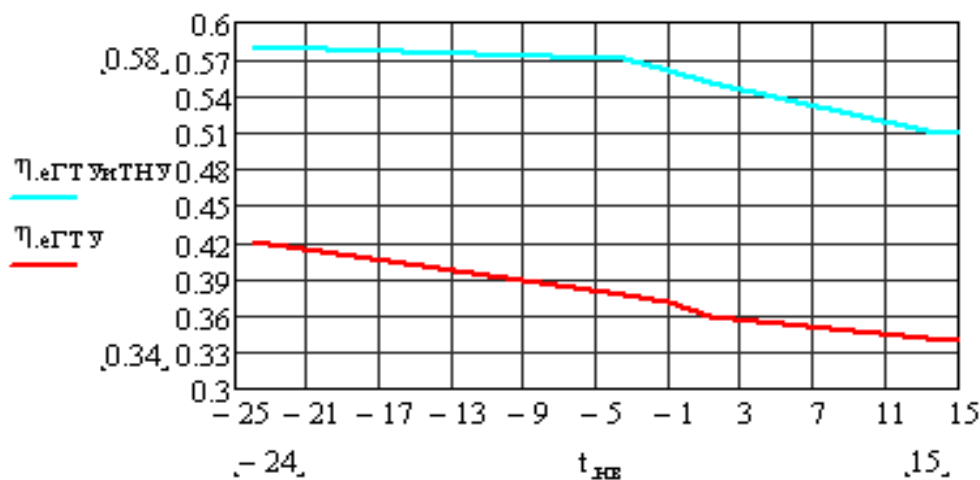


Рис. 2. Зависимость КПД комбинированной установки от температуры наружного воздуха

Таблица 2

## Результаты расчета

Температура наружного воздуха, °С	15	13,3	1,3	-1	-3,5	-24
Эксергетический КПД ГТУ	0,34	0,341	0,36	0,374	0,377	0,42
Эксергетический КПД комбинированной ТЭУ	0,51	0,515	0,56	0,57	0,57	0,58

**Заключение.** Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что использование комбинированной теплоэнергетической установки повышает эксергетический КПД во всем исследованном диапазоне температур наружного воздуха.

## Литература

62. Термогазодинамический расчет газотурбинных силовых установок / В. М. Дорофеев [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1973. – С. 144.
63. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов. – Москва : МЭИ, 2002. – С. 584.
64. Цветков, О. Б. Холодильные агенты : моногр. / О. Б. Цветков. – Санкт-Петербург, 2004. – С. 213.
65. Рей, Д. Тепловые насосы : пер. с англ. / Д. Рейд, Д. Макмайкл. – Москва : Энергоиздат, 1982. – 224 с. : ил.